

Laboratorium Hydraulica (Katholieke Universiteit Leuven)

De 'grondlegger'

Jean Berlamont startte in 1974 aan de Katholieke Universiteit Leuven met een Laboratorium Hydraulica. Nu, bijna dertig jaar later, is dit laboratorium uitgegroeid tot een internationaal erkende onderzoeksgroep met specialisaties in drie grote onderzoekslijnen. De stedelijke hydrologie situeert zich voornamelijk in het domein van de riolering en

Laboratorium Hydraulica (KUL)

Katholieke Universiteit Leuven
Kasteelpark Arenberg 40, B-3001 Heverlee

Onderzoeksgroep in het departement
Burgerlijke Bouwkunde

(Faculteit Toegepaste Wetenschappen)

Verantwoordelijken: professoren



Jean Berlamont



Jaak Monbaliu



Erik Toorman

Personeel

(enkel mariene en estuariene luik)

12 (3 professoren, 1 postdoc, 3 doctorandi,
5 studenten)

Keywords:

sedimentmechanica, estuaria, spectrale golfmodellering, numerieke stromingsmodellering, slibconsolidatie, reologie van slib, turbulentie

URL:

<http://www.bwk.kuleuven.ac.be/bwk/hydraulics>

e-mail: jean.berlamont@bwk.kuleuven.ac.be

e-mail: jaak.monbaliu@bwk.kuleuven.ac.be

e-mail: erik.toorman@bwk.kuleuven.ac.be

Tel.: +32/016 32 16 60

Fax: +32/016 32 19 89

de impact van gemengde rioleringen op het ontvangend oppervlaktewater.

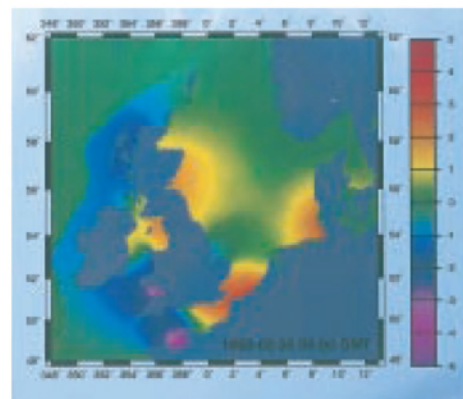
Binnen de mariene en estuariene context heeft het LH-KUL enerzijds een lange traditie in de sedimentdynamica – zeg maar het slibonderzoek in estuaria en havens en op (bagger)slibstorten (prof. Erik Toorman) – en vervult het een toonaangevende rol in het onderzoek naar stromingen, stormopzet en golven op zee (prof. Jaak Monbaliu). Binnen deze laatste discipline krijgt momenteel vooral de studie van golfspectra in kustnabije zones heel wat aandacht.

De strijd tegen het havenslib

De directe aanleiding voor het opstarten van een 'slib'-onderzoekslijn in estuaria en havens en op baggerslibstorten, was de bouw van de nieuwe zeelsluis in Zeebrugge begin de jaren '80. De vrees bestond immers dat de dieper liggende zeelsluis heel snel zou toeslibben en men hoopte dit tegen te kunnen gaan met behulp van een slibvang vóór de sluis en een bijkomend slibpompgemaal. In België was toen niemand echt bezig met die slibproblematiek, en de aanpak was aanvankelijk dan ook sterk empirisch van aard. Er werd o.a. geëxperimenteerd met een 'bellengordijn', een soort wand van luchtballen die moest voorkomen dat slib zich neerzette en samenklitte ('consolideerde'). Het systeem was evenwel heel kwetsbaar, en de minste hapering was reeds voldoende om slibconsolidatie te krijgen. Uiteindelijk werd van de realisatie afgezien toen bleek dat de diepe 'zwaairom' in de voorhaven reeds

als een uitstekende slibvang fungeerde en bijkomende maatregelen niet langer nodig waren.

Ook onder het aanlegponton van de Flandria te Antwerpen werd de strijd met ophopend slib aangebonden, nu door middel van 'jetting'. Ook dit systeem, waarbij sediment in suspensie gebracht wordt en systematisch wordt weggespoten, werd te fragiel bevonden en uiteindelijk vervangen door meer klassieke wegveegtechnieken.



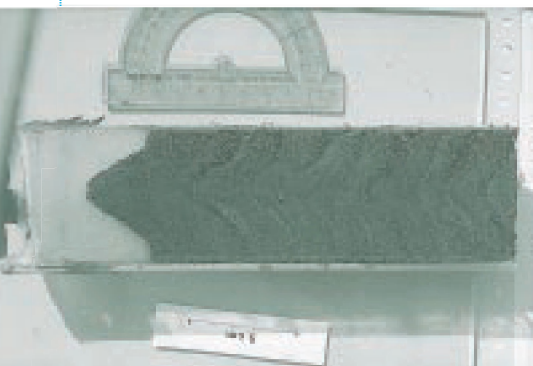
Gesimuleerde waterstanden in de Noordzee tijdens de storm van 20 februari 1993 (MD)



Peilen naar slib en meten van consolidatieprofielen in een slibstort op de Antwerpse Linkeroever (JB)



Vooraleer een consolidatieproef kan plaatsvinden, dient het slib in het laboratorium te worden gehomogeniseerd (JB)



Een doorgezaagde, diepgevroren bodemkern laat duidelijk de gelaagdheid van het afgezette en geconsolideerde slib zien (JB)

Moet er nog slib zijn?

De ervaring opgedaan tijdens deze projecten bleek al snel erg nuttig bij opdrachten naar de erodeerbaarheid van slib-zand mengsels en bij speurtochten naar de beoogde, versnelde consolidatie van slibstorten op de Linkeroever te Antwerpen. Baggerslib uit de Schelde stockeren vergt immers heel veel ruimte. Het versnellen van dit proces van inklinking en volumevermindering stond dan ook hoog op het verlanglijstje van de overheid.

Thans wordt in samenwerking met Delft Hydraulics (Nederland) onderzoek in het vooruitzicht gesteld om de aanslibbing van het in aanbouw zijnde Deurganckdok te Antwerpen te verminderen. Met een combinatie van schermen, drempels en muren (de 'current deflection wall' of CDW) zal worden gepoogd het binnenkomende slib in het Deurganckdok zoveel mogelijk te weren. Of deze CDW, gepatenteerd en in gebruik in zoetwatersystemen te Hamburg, ook bruikbaar zal zijn in het brakke Scheldewater is alsnog de vraag.

Breed gaan is de boodschap

Stilaan evolueerde het onderzoek van zeer praktijkgerichte vragen, zoals het consolidatiegedrag van slib, het resuspenden van slib door aëratie en het verpompen ervan, naar meer fundamenteel onderzoek m.b.t. het modelleren van erosie, transport en consolidatie van slibbodem in estuaria en kustwateren. Recent werden doorbraken gerealiseerd op het vlak van de kennis van de interactie tussen turbulente stromingen en slib en het reologisch gedrag van slibbodem (reologie: de studie van vervorming van materialen). Er werden ook een aantal gedetailleerde onderzoeksmodellen ontwikkeld voor de studie van slibprocessen.

Een belangrijk toekomstig aandachtspunt wordt de studie van de uitwisseling van pollutanten tussen slibwaterbodem en de waterkolom, een proces dat van groot belang is voor waterkwaliteitsmodellen. Dé grote uitdaging zal zijn om de grenzen van de hydraulica te overschrijden en in multidisciplinaire acties samen te werken met biologen, chemici en andere deskundigen.

In vreemde wateren varen

Het Laboratorium Hydraulica heeft een belangrijke input in heel wat EU-projecten, zowel op het vlak van de sedimentmechanica (G6M, G8M – 'Coastal Morphodynamics: cohesive sediments' en

COSINUS – 'Prediction of COhesive Sediment transport and bed morpho-dynamics in estuaries and coastal zones with Integrated NUmerical Simulation models') als op het vlak van de numerieke modellering van golven, stormopzet en stromingen (NOWESP – 'NORTH-West European Shelf Programme', MMARIE – 'Application of high performance computing techniques for the Modelling of MARine Ecosystems', PROMISE – 'PRE-Operational Modelling In the Seas of Europe', CENAS – 'Study on the Coastline Evolution of the Eastern Po Plain due to Sea Level Change caused by Climate Variation and to Natural and Anthropogenic Subsidence').

Tijdens al die jaren werd zeer intens samengewerkt met o.a. Delft Hydraulics (NL), HR Wallingford (UK), LNHE (EDF) Paris (F), het Danish Hydraulic Institute (DK), de University of Florida (USA), Oxford University (UK), TU Delft (NL), e.a.

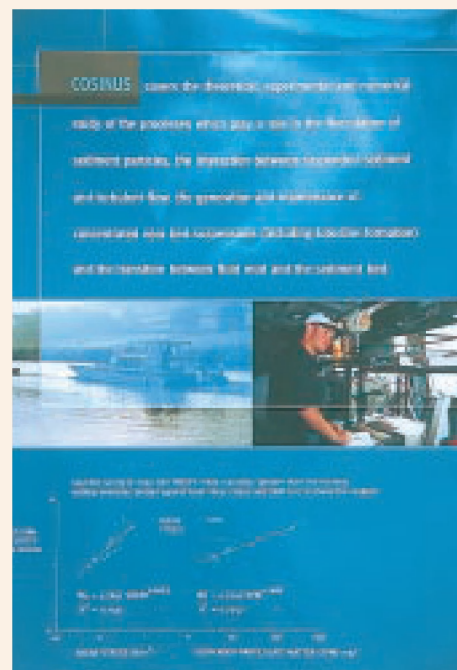
In het kader van bilaterale akkoorden met Chili, en in samenwerking met prof. Julien De Rouck (Universiteit Gent), verleent het LH-KUL ondersteuning aan een onderzoeksproject in verband met havenbouw, in de vorm van uitwisselingen van onderzoekers en het doceren van cursussen (o.a. sedimentmechanica) ter plaatse. Chili heeft immers nood aan meer havens en aan wetenschappelijke onderbouwing tijdens de bouw- en onderhoudsfase.

Twee projecten verdienen bijzondere aandacht: COSINUS en NOWESP

• **Het COSINUS project** ('Prediction of COhesive Sediment transport and bed morpho-dynamics in estuaries and coastal zones with Integrated NUmerical Simulation models'), waarvan LH-KUL coördinator was en dat recent werd afgesloten, behandelde de studie van een aantal slibprocessen (floculatie, resuspensie, interactie met turbulente stroming, etc.) en de parametrisatie ervan ten behoeve van de operationele commerciële modellen van tal van grote buitenlandse bedrijven. Het sluitstuk van dit project waren casestudies in de estuaria van Loire, Weser en Tamar, waar de doorgevoerde parametrisaties van het model konden worden getest.

• **NOWESP** ('NORTH-West European Shelf Programme') was een grootschalige actie om zoveel mogelijk historische veld- en modelgegevens van tien toestandsvariabelen (temperatuur, saliniteit, fosfaat, nitraat, nitriet, ammonium, silicaat, chlorofyl, gesuspendeerd particulier materiaal en zoöplankton) op het Noordwest-Europese continentaal plat

(< 200 m diep) te compileren, en zo fluxen te berekenen en ecosysteemmodellen te valideren. Het LH-KUL hielp mee aan het ontwikkelen van een hydrodynamisch model ter ondersteuning van het ecologisch model.



(MD)

Golven en stromingen: hoe het allemaal begon

De kennis van waterstanden, stromingen en golven is essentieel bij de begeleiding van de scheepvaart, de kustbescherming en om berekeningen van sedimenttransport te kunnen uitvoeren. Denken we maar aan het gecombineerde effect van golven en stromingen op de duurzaamheid van strandopspuitingswerken en onderhoudsbaggerwerken. Of aan het zo nodige inzicht en voorspellingsvermogen bij de verwachte zeespiegelrijzing.

Begin de jaren '80 werden in het LH-KUL de eerste stappen gezet in het modelleren van hydrodynamische kenmerken van kustzones. Samen met BMM werd later een stromings- en stormopzetvoorspellingsmodel (OMNECS) ontwikkeld voor de Belgische kust. De vrees voor een ontoelaatbare opwarming van het Scheldewater door toedoen van koelwaterlozingen uit de kerncentrale van Doel, was dan weer de aanleiding om de temperatuursverdeling in de brakwaterzone van het estuarium te modelleren. Veel frisser ging het er aan toe toen in de tweede helft van de jaren '80 een stromingsstudie werd uitgevoerd in een baai van de Antarctische Wedell Sea. Harde landwinden bleken hier immers een dermate grote impact te hebben op de mening van de waterkolom, dat het modelleren van de hydrodynamica een onmisbaar element was binnen dit multidisciplinaire programma.

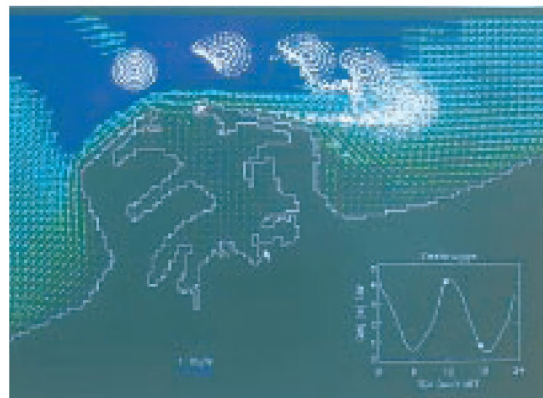
Intussen was Jaak Monbaliu het laboratorium komen vervoegen, en met de ervaring inzake wind-engineering die hij had opgedaan in Canada, opende zich een nieuw onderzoeksdomein: dat van de interactie van wind en water of, met andere woorden, de modellering van windgolven.

Van WAM naar SWAN: het golfklimaat in diep versus ondiep water

Het WAM model ('WAVE Model') wordt aanzien als dé standaard voor de zogenaamde derde generatie modellen. Het werd ontwikkeld door een internationale groep wetenschappers (de 'WAM-groep') met de bedoeling operationele golfvoorspelling te doen op wereldschaal. Het WAM model laat toe de golfspectra en daaruit afgeleide parameters – zoals significante golfhoogte, gemiddelde periode en gemiddelde richting – te berekenen in functie van de tijd. De windvelden die dit model aandrijven, zijn afkomstig van atmosferische modellen die ook in gebruik zijn bij internationaal gereputeerde weersvoorspellingsdiensten zoals het European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF) in Reading (UK). Alhoewel de fysische processen van bodemwrijving en refractie in het model zijn opgenomen, is het model in de eerste

plaats bedoeld om in relatief diep water gebruikt te worden.

Wanneer de golven zich van diep naar ondiep water bewegen, wordt de invloed van de bodem steeds belangrijker. Dit is het gevolg van tal van fenomenen zoals 'shoaling' (golven worden hoger en steiler door de afname van de voortplantingssnelheid), 'refractie' (schuin invallende golven op de kust komen steeds meer loodrecht op de kust te staan), 'golfdissipatie door bodemwrijving' (wrijvingsverliezen tussen waterbeweging en bodemoppervlak zorgen voor een golfhoogte-verlagend effect) en 'golfdissipatie door breken' (golven worden steiler en korter; er ontstaat een instabiele situatie waarbij de golven breken; de golfenergie wordt omgezet in een lokale waterstandsverhoging en een brandingsstroming). Wil men het golfklimaat



Simulatie van pollutantenverspreiding bij het lekken van een gestrand schip vóór de haven van Zeebrugge (MD)

Modelleren van hydrodynamische processen

Om kustverdedigingswerken te ontwikkelen en de scheepvaart te begeleiden dient men te beschikken over cijfergegevens m.b.t. de plaatselijk geldende waterstanden, wind, stromingen en golven. Waterstanden en wind zijn vrij gelijkmatig verdeeld langs de kust, wat betekent dat waarnemingen, verricht op een beperkt aantal meetpunten in de omgeving, kunnen geïnterpoleerd worden naar de tussenliggende doelpunten. Voor golven en stromingen gaat dit helaas niet op. Omdat deze sterk bepaald worden door de lokale topografie, kunnen ze in ondiep water op korte afstand behoorlijk verschillen. Modelleren is dus de boodschap.

Met behulp van krachtige computers kunnen de wiskundige vergelijkingen van de achterliggende fysische processen met behulp van numerieke technieken worden opgelost. Daartoe wordt de ruimte die men wil beschrijven onderverdeeld in een aantal rekenpunten of rekencellen. Hoe groter de dichtheid van de rekenpunten, hoe beter men ruimtelijke variaties kan beschrijven. Hetzelfde geldt voor het aantal rekenpunten in de tijd. Hoe kleiner de tijdstap, hoe beter men snelle variaties kan beschrijven. Echter, hoe hoger de resolutie (zowel ruimtelijk als in de tijd) van het rekenmodel, hoe meer tijd de computer nodig heeft om de berekeningen uit te voeren. Stromingen en waterstanden ten gevolge van getij en stormopzet worden daarom op een andere manier gemodelleerd dan windgolven. Waar een getijgolf een lengteschaal heeft van ongeveer duizend kilometer en een tijdsschaal van enkele uren, heeft een windgolf een lengteschaal van enkele tientallen meter en een tijdsschaal van enkele seconden. Met een hydrodynamisch model kan men voor het



(MD)

modelgebied berekenen hoe de waterstanden en de stromingen variëren in functie van de tijd op voorwaarde dat men de randvoorwaarden en de krachten, die worden of zullen worden uitgeoefend, kent. Zo kan men de stromingen en waterstanden veroorzaakt door getij en stormopzet op het Europees Continentaal Plat berekenen als men én de waterstanden op de rand van de continentale plaat kent, én de windvectoren en atmosferische druk over het gebied. De resolutie die nodig is om bij windgolven de snelle veranderingen van de positie van het wateroppervlak – zowel in ruimtelijke zin als in functie van de tijd – te berekenen, is echter zodanig groot dat men deze schommelingen niet meer ogenblikkelijk kan berekenen. Men gaat veeleer het statistische beeld ervan berekenen. Daartoe gaat men windgolven beschrijven met behulp van een spectrum. Een spectrum geeft weer hoe de energie verdeeld is over verschillende frequenties en richtingen. Een spectraal golfmodel berekent dan ook hoe die energie wordt opgewekt door de wind, en hoe ze vervolgens wordt voortgeplant en gedissipeerd.

afdoende voorspellen in ondiepe kustgebieden, dan zijn deze processen niet te verwaarlozen. Tijdens het EU-PROMISE project werden een aantal aanpassingen aan de WAM-code aangebracht zodat het model ook kan gebruikt worden in kustgebieden. Om het golfklimaat aan de Belgische kust, gekenmerkt door zijn opeenvolging van ondiepe zandbankcomplexen, optimaal te kunnen voorspellen, maakt prof. Jaak Monbaliu momenteel ook gebruik van het zogenaamde SWAN ('Simulating Waves Nearshore') model, ontwikkeld aan de TU Delft. Het SWAN-model is vergelijkbaar met het WAM-model in die zin dat het een spectraal golfmodel is waarmee realistische schattingen van golfparameters verkregen kunnen worden op basis van wind-, stromings- en bodemgegevens. Dit model is echter specifiek ontwikkeld voor toepassingen in ondiepe kustgebieden, meren en estuaria. In die zin is het geschikter voor de Belgische situatie en het is bovendien gebruikersvriendelijker en meer flexibel dan WAM.

Het WAM ('WAVE Model') is zowat het standaard golfmodel voor zeegebieden dieper dan 20 m (MD)



Het SWAN ('Simulating Waves Nearshore') model is een derdegeneratie model dat specifiek ontwikkeld werd voor ondiepe gebieden, zoals de Belgische kust (MD)

Golven

Zoals een natuurliefhebber een boom kan herkennen aan de kleur of structuur van zijn schors, de bladknoppen of de bladeren, of zelfs aan de geur die de boom verspreidt, zo leest een 'golvenkenner' in elke golf haar ganse levensverhaal.

Golven ontstaan door wrijving van de wind op het wateroppervlak. Korte golven evolueren naar steeds langere golven. Doordat de wind energie blijft toevoeren, wordt de golfhoogte steeds groter. De energie die in de golven zit, is immers recht evenredig met het kwadraat van de golfhoogte. Golven die nog beïnvloed worden door de plaatselijke wind, worden windgolven genoemd. Golven die ontstaan ten gevolge van wind in een verder afgelegen gebied, maar die niet meer onderhevig zijn aan de plaatselijke wind noemt men deining. Zo komt het aan onze kust frequent voor dat deiningsgolven uit het noorden komen, terwijl er gelijktijdig een windzee aanwezig is onder invloed van een westelijke wind (zie figuur). De golven op zee variëren in hoogte, periode, lengte en voortplantingsrichting. Een golf kan best beschreven worden aan de hand van haar 'spectrum', d.i. de energie-inhoud per frequentie. Het golfspectrum is als het ware een maat voor de afwijking van het wateroppervlak van de gemiddelde toestand en de mate waarin krachten erop inwerken. Niet alleen de windsnelheid is bepalend voor de golfhoogte, golven moeten ook de gelegenheid hebben om te kunnen volgroeien. Daarvoor is het noodzakelijk dat een bepaalde windsnelheid voldoende lang optreedt en dat de afstand waarover de wind over het water strijkt voldoende groot is.



Dit golfspectrum werd gemeten door de WAVEC meetboei van de afdeling Waterwegen Kust (WWK) op de locatie Westhinder. De windzee- en deiningcomponenten zijn duidelijk te onderscheiden (MD)

Een heel merkwaardig en nog deels onbegrepen fenomeen is dat van de 'freak waves'. Deze torenhoge golven kunnen totaal onverwachts opdoemen, met catastrofale gevolgen voor scheepvaart en offshore constructies. Ze zijn vooral gekend van de oostkust van Zuid-Afrika en de Golf van Alaska en lijken te ontstaan wanneer hoge stormgolven diametraal botsen met krachtige zeestromingen. De stormgolven worden hierbij samengedrukt en opgeduwd tot hoogten van wel 30 m. Net vóór deze 'muur des doods' ontstaat bovendien een 'hole in the ocean', een diep gat waaruit elke ontsnapping onmogelijk is. Het project MAXWAVE binnen het Europese 5de Kaderprogramma bestudeert momenteel op wereldschaal de kans op het voorkomen van dergelijke 'freak waves'.

